

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/89n792



REC'D	01 MAY 2000
WIPO.	PCT

Bescheinigung

F 000/057

Die DaimlerChrysler AG in Stuttgart/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Übertragung von Simulationsmodellen zwischen Simulatoren"

am 5. Februar 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol G 06 F 9/45 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 13. März 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

In Auftrag

Nietiedt

Aktenzeichen: 199 06 177.7

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

5

B 98/9
Daim 110 206 B10 DaimlerChrysler AG
70546 Stuttgart

Beschreibung

15 Verfahren und Vorrichtung zur Übertragung von Simulations-
modellen zwischen Simulatoren20 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren
zur Übertragung von Simulationsmodellen zwischen mindestens
zwei Simulatoren.25 In der Simulationstechnik gibt es eine Vielzahl von ver-
schiedenen Simulatoren, die die grafische komponentenorien-
tierte Spezifikation von Systemen als dynamisches Signal-
flußsimulationsmodell sowie die Simulation des dynamischen
Verhaltens dieser Simulationsmodelle erlauben. Beispiele
für diese Simulatoren sind Simulink, SystemBuild, ControlH,
Beacon und Scade. Diese Simulatoren unterscheiden sich in
ihrer Funktionalität und Darstellungsmöglichkeit, wobei je-
der seine eigenen Vor- und Nachteile hat. So ist beispiels-
weise die Systemspezifikation in dem einen Simulator beson-
ders gut unterstützt, während in einem anderen Simulator
die Simulations- und Analysemöglichkeiten umfangreicher
sind.35 Eine wichtige und häufige Problemstellung beim Arbeiten mit
diesen Simulatoren ist es, Simulationsmodelle, die mit ei-
nem Simulator erstellt worden sind, auf einem anderen Simu-
lator zu übertragen. Das ermöglicht die Vorteile verschie-
dener Simulatoren miteinander zu kombinieren. Durch die
Möglichkeit der Übertragung sind eine hohe Kostenersparnis

5 und ein entscheidender Zeitgewinn möglich. Für eine effiziente Arbeit ist es außerdem von großer Bedeutung, die Simulationsmodelle wieder rückzuübertragen, also über einen bidirektionalen Übersetzer zwischen zwei Simulatoren zu verfügen.

10 Der gegenwärtige Stand der Technik für die Übertragung von Simulationsmodellen basiert auf zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen. Das erste Verfahren ist die direkte Übersetzung des Simulationsmodells. Dazu wird ausgehend von der Beschreibung des Simulationsmodells, die für einen Simulator A geschrieben wurde, eine Beschreibung des Simulationsmodells erstellt, die von dem anderen Simulator B gelesen werden kann. Beim Übersetzungsvorgang wird jeder einzelne Operator des Simulationsmodells des Simulators A durch einen entsprechenden Operator des anderen Simulators B ersetzt.

Diese Art der Übersetzung erfordert, daß für jeden einzelnen Operator des Simulator A, der im zu übersetzenden Simulationsmodell benutzt wurde, ein semantisch und syntaktisch äquivalenter Operator im anderen Simulator existiert. Da dies in der Regel nicht gegeben ist, ist diese direkte Art der Übersetzung nur im Ausnahmefall möglich. Häufig wird eine Untermenge von Funktionen definiert, die bei beiden vorhanden ist, und nur diese wird übersetzt.

30 Zudem unterscheiden sich die Operatoren oft im Detail, so daß zwar eine grundsätzliche Übertragung möglich ist, sich aber das dynamische Verhalten des Simulationsmodells in einem Simulator von dem in einem anderen Simulator unterscheidet.

Ein Beispiel für diese direkte Art der Übersetzung ist der zur Zeit von ISI und Verilog erstellte Simulator zur Übersetzung von SystemBuild nach Scade. ("Codesign Method and Integrated Tools for Advanced Embedded System (COMITY)" (Project reference 23015). Von der Europäischen Union ge-

5 fördertes Projekt im Rahmen von "Esprit 4", Teil des vier-
ten Rahmenprogramms der Europäischen Union, Unterprogramm:
"Software Technologies Software Intensive Systems Engi-
neering").

10 Das zweite Verfahren für die Übertragung ist die Kommunika-
tion zwischen zwei Simulatoren mittels einer Meta-
Beschreibung. Dies heißt, daß durch eine Exportfunktion der
Simulatoren eine Beschreibung des Simulationsmodells er-
stellt wird, die von beiden Simulatoren gelesen und ge-
schrieben werden kann. Diese Meta-Beschreibung spezifiziert
15 eine Beschreibungssprache, die dann dazu verwendet wird,
die eigentlichen Informationen in allgemeiner Art zu be-
schreiben.

20 Der lesende Simulator liest erst die Meta-Beschreibung,
versucht diese zu verstehen und interpretiert dann anhand
dieses Verständnisses die Beschreibung. Problematisch hier-
bei ist, daß die Interpretationen des schreibenden und le-
senden Simulators unterschiedlich sein können. Außerdem
können Informationen verloren gehen, da die Simulationsmo-
delle in der Meta-Beschreibung allgemeiner spezifiziert
25 sind.

30 Die semantische Identität eines Simulationsmodells in bei-
den Simulatoren ist nicht gegeben und die verlustfreie
Rückübersetzung ist im Regelfall nicht möglich. Hier können
Parallelen zu menschlichen Sprachübersetzungen gezogen wer-
den, wo es durch Übersetzungsvorgänge in verschiedene Spra-
chen häufig zu Veränderungen und Unterschieden zu der ur-
sprünglichen Bedeutung kommt. Ein Beispiel für diese Art
der Übertragung ist CDIF, ein Quasi-Standard zum Austausch
von Informationen zwischen Simulationsmodellierungssimula-
toren und Datenbanken, wie Johannes Ernst in "Data Inter-
operability between CACSD and CASE Tools Using the CDIF"
35 schreibt.

5 Es gibt grundsätzlich noch eine weitere Möglichkeit, zumindest das dynamische Verhalten eines Simulationsmodells von einem Simulator zum anderen zu übertragen. Startpunkt ist ein Simulationsmodell, das mit einem Simulator spezifiziert wurde. Im folgenden wird der Quell-Code für das gesamte Si-
10 mulationsmodell mittels eines automatischen Code-Generators dieses Simulators erzeugt. Der gesamte Quell-Code wird in den anderen Simulator als externes Modul eingebunden. Dadurch geht jedoch jede Strukturinformation verloren; das ursprünglich detaillierte Simulationsmodell wird zu einem
15 einzigen Block. Eine weitere Bearbeitung im zweiten Simulator wird hierdurch unmöglich.

Ferner gehen durch die generelle Codeerzeugung Informationen verloren, wodurch das als externes Modul vorgegebene Simulationsmodell im zweiten Simulator keine ausreichend
20 genaue Beschreibung darstellt.

Aufgabe ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, die die Übertragung eines Simulationsmodells zwischen zwei verschiedenen Simulatoren erlauben, wobei Informationsgehalt und Genauigkeit erhalten bleiben sollen,
25 sich das dynamische Verhalten nicht ändern soll und weitere Spezifikationsarbeiten an dem Simulationsmodell möglich sein sollen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Vorrichtungsanspruchs 1 und des Verfahrensanspruch 6,
30 insbesondere durch eine Vorrichtung mit einem ersten Ein/Ausgabemittel, an das das Simulationsmodell von einem ersten Simulator übertragen wird, mit einer Verarbeitungseinheit, die nach seiner Übertragung das Simulationsmodell in einzelne Operatoren zerlegt und die
35 Operatorenzuordnung speichert, die Operatoren in einer Operatorenbibliothek zusammenfaßt, mit Hilfe der Operatorenzuordnung als externe Operatoren durch einen zweiten Simulator semantisch äquivalent einbindbar sind und

- 5 mit einem zweiten, die Operatorenbibliothek ausgebenden Ein/Ausgabemittel eine zusätzliche Operatorenzuordnung bereitstellt.

Durch diese Maßnahmen wird ein Simulationsmodell geschaffen, das insbesondere in beiden Richtungen, hin- und zurück-übersetzt werden kann, wobei semantische Informationen erhalten bleiben. Dabei ist eine Übertragung möglich, die keinen Unterschied macht, in welchem Simulator spezifiziert bzw. simuliert wird.

Das Simulationsmodell wird hierbei in Basisoperatoren zerlegt, die in einer universell simulatorenlesbaren Form in eine Operatorenbibliothek exportiert werden. Die exportierte Operatorenbibliothek liegt vorzugsweise in Form von compilierbaren Quell-Codes vor.

Das zweite Ein/Ausgabemittel kann die Operatorenzuordnung sowohl exportieren als auch importieren, wodurch ein durch den zweiten Simulator entsprechend verändertes Simulationsmodell mit den internen Operatoren des ersten Simulators durch die Verarbeitungseinheit erstellt und über das erste Ein/Ausgabemittel an den ersten Simulator zurück übertragen wird.

Die verfahrensgemäße Aufgabe wird gelöst, indem das Simulationsmodell des ersten Simulators in seine Operatoren zerlegt wird, die Operatoren in eine Operatorenbibliothek so exportiert werden, daß sie von dem zweiten Simulator genutzt werden können, und zusätzlich zu der Operatorenbibliothek eine Operatorenzuordnung exportiert wird, die sowohl von dem ersten Simulator als auch von dem zweiten Simulator gelesen und vorzugsweise verändert werden kann und auf deren Basis das Simulationsmodell erstellt wird.

35 Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Die Erfindung ist in der beiliegenden Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben.

5 Die einzige Figur zeigt anhand eines schematischen Schalt-
bildes zwei Simulatoren, die durch eine Vorrichtung zur
Übertragung von Simulationsmodellen miteinander verbunden
sind. Dabei wird das erste Simulationsmodell in Komponenten
zerlegt, die wiederum in einer Operatorenbibliothek gespei-
10 chert werden. Der zweite Simulator fügt das Simulationsmo-
dell über die einbindbare Operatorenbibliothek mit Hilfe
der Operatorenzuordnung zu einem neuen semantisch äquiva-
lenten Modell zusammen.

In der Figur sind zwei Simulatoren 10 und 17 schematisch
15 dargestellt, auf denen Simulationsmodelle 11 und 18 ablau-
fen. Das erste Simulationsmodell besteht aus internen Ope-
ratoren 12, die durch den ersten Simulator 10 bereitge-
stellt werden. Die Operatoren 12 sind über Zuordnungsvektoren
13 miteinander verbunden, wodurch die Semantik des Si-
20 mulationsmodells 12 bestimmt wird.

Über ein erstes Ein/Ausgabemittel 22 wird das Simulations-
modell 11 auf eine Vorrichtung zur Übertragung von Simula-
tionsmodellen 21 übertragen. Diese Vorrichtung zur Übertra-
gung von Simulationsmodellen 21 besteht aus einer Verarbei-
25 tungseinheit 24 und einem zweiten Ein/Ausgabemittel 23.

Zur Vorbereitung der eigentlichen Übertragung wird durch
die Verarbeitungseinheit 24 das erste Simulationsmodell 11
des ersten Simulators 10 in seine Operatoren 12 zerlegt.
Die Operatoren 12 werden in eine Operatorenbibliothek 15 so
30 exportiert, daß sie von dem zweiten Simulator 17 semantisch
korrekt genutzt werden können. Dies erfolgt in der Regel
durch Erzeugung von einem universellen Quell-Code für jeden
Operator 12 in der Operatorbibliothek 14. Durch
Compilierung entsteht eine einbindbare Operatorenbibliothek
35 15.

Die eigentliche Übertragung erfolgt durch den Export einer
Operatorenzuordnung 16, die sowohl vom ersten Simulator 10
als auch vom zweiten Simulator 17 gelesen und verändert

5 werden kann. Aus dieser Veränderung können neue Zuordnungsvektoren 20 erzeugt werden.

Beide Simulationsmodelle 11 und 18 besitzen eine Reihe von Basis-Operatoren 12. Alle diese Operatoren 12 werden von einem ersten Simulationsmodell 11 mit Hilfe der Vorrichtung
10 zur Übertragung von Simulationsmodellen 21 als Quell-Codes in die Operatorbibliothek 14 exportiert und dann nach Compilierung in die externe Operatorenbibliothek 15 überführt. Von dort können sie in das zweite Simulationsmodell 18 eingebunden werden, um für die Spezifikation des Simulationsmodells 18 verwendet zu werden. Im Detail heißt das, daß vom ersten Simulationsmodell 11 für die einzelnen Operatoren 12 automatisch Quell-Codes in einer Programmiersprache erzeugt werden. Ein solcher Quell-Code wird mit einem äußeren Rahmen versehen, der die Nutzung jedes Operators als
20 externer Operator in dem zweiten Simulationsmodell 18 ermöglicht.

Die Erstellung der externen Operatorenbibliothek 15 aus den internen Operatoren 12 des ersten Simulationsmodells 11 ist eine Art Arbeitsvorbereitung. Der äußere Rahmen leistet zusätzliche Funktionalität um die Anbindung als externer Operator in das zweite Simulationsmodell 18 zu ermöglichen, d.h. um den syntaktischen Erfordernissen des zweiten Simulationsmodells 18 für externe Operatoren zu entsprechen.

Das Spezifizieren eines Simulationsmodells 18 im zweiten Simulator 17 erfolgt nur unter Nutzung der externen Operatorenbibliothek 15. Damit ist die Übertragbarkeit des zweiten Simulationsmodells 18 zu dem ersten Simulator 10 gesichert.

Eine Vorrichtung zur Übertragung von Simulationsmodellen 21
35 kann das erste Simulationsmodell 11 unter Erzeugung einer Operatorenzuordnung 16 und einer Operatorenbibliothek 14, 15 in das zweite Simulationsmodell 18 übertragen.

5 Zum Spezifizieren eines Modells kann also entweder in dem
ersten Simulator 10 bei der Erzeugung eines Simulationsmo-
dells 11 normal verfahren werden, indem das Modell aus in-
ternen Einzeloperatoren 12 erstellt wird. Oder man kann mit
dem zweiten Simulator 17 das zweite Simulationsmodell 18
10 erstellen, indem nur externe Operatoren 19 verwendet wer-
den.

Voraussetzung hierfür ist, daß der zweite Simulator 17 das
Einbinden von externen Operatoren 19 aus der externen Ope-
ratorenbibliothek 15 in das zweite Simulationsmodell 18 er-
15 laubt. Das gesamte zweite Simulationsmodell 18 besteht
folglich aus externen Operatoren 19. Hinter jedem externen
Operator 19 verbirgt sich ein interner Operator 12 des er-
sten Simulationsmodells 11. Damit ist in dem zweiten Simu-
lationsmodell 18 die gleiche Modellierung wie im ersten Si-
20 mulationsmodell 11 möglich. Jeder Operator 12 bzw. 19 ist
in beiden Simulationsmodellen 11 bzw. 18 äquivalent, da er
jeweils auf Grundlage des ersten Simulationsmodells 11 ba-
siert.

Äquivalenz bedeutet, daß die Funktionalität jedes Operators
25 12 und 19 in beiden Simulationsmodellen 11 und 18 gleich
ist. Der Operator zeigt in beiden Simulationsmodellen das
gleiche Verhalten. Das Gesamtverhalten eines Modells wird
infolgedessen gleich sein, da es die Summe der einzelnen
Dynamiken darstellt.

30 Ein Simulationsmodell 19, das im zweiten Simulator 18 spe-
zifiziert wurde, kann zum ersten Simulator 10 übertragen
werden, indem jedem externen Operator 19 der entsprechende
interne Operator 12 des ersten Simulators zugeordnet wird.
Die Zuordnung bereitet keine Schwierigkeiten, da das zweite
35 Simulationsmodell 18 aufgrund der beschriebenen Vorgehens-
weise nur aus solchen externen Operatoren 19 besteht, für
die ein entsprechender interner Operator 12 existiert. In-

5 folgedessen ist eine Übersetzung in beide Richtungen möglich.

Ein Ausführungsbeispiel betrifft die Kopplung von Scade und Simulink. Scade ist ein Codegenerator von Verilog, der aus Spezifikationen von Simulationsmodellen den Quell-Code erzeugt. Ein solcher Quell-Code ist für sicherheitsrelevante Anwendungen, beispielsweise in der Flugzeugindustrie, einsetzbar. Scade hat nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Eingabe von Simulationsmodellen und zur Simulation.

15 Simulink ist ein Simulator von Mathworks, der in vielen Simulationsanwendungen zum Einsatz kommt. Er bietet eine benutzerfreundliche Eingabe von Simulationsmodellen und komfortable Simulation des dynamischen Verhaltens an. Er ist jedoch nicht geeignet, Quell-Codes für sicherheitsrelevante Anwendungen zu erzeugen.

20 Diese beiden Simulatoren, nämlich Scade und Simulink können mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander gekoppelt werden. Dazu werden für alle von Scade bereitgestellten Operatoren Quell-Codes erzeugt. Ein solcher Quell-Code wird mit entsprechenden Routinen erweitert, so daß man ihn als externen Operator in Simulink verwenden kann.

Dies wird für jeden Operator einzeln vorgenommen. In dieser Weise wird eine Operatorenbibliothek 15 erstellt, mit der Modelle in Simulink spezifiziert werden können. Die Spezifizierung erfolgt in der komfortablen Umgebung von Simulink und das dynamische Verhalten des Modells kann in Simulink analysiert werden.

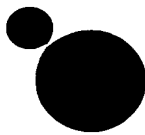
Für die Erzeugung von Quell-Codes für sicherheitsrelevante Anwendungen muß ein Simulationsmodell für Scade erzeugt werden. Dazu wird die Modellbeschreibung von Simulink nach Scade übersetzt. Dabei wird jedem Operator der entsprechende Ursprungsoperator von Scade zugeordnet. Zwischen den Operatoren 11 und 19 beider Modelle besteht eine eindeutige

- 5 Zuordnung. Beide Modelle zeigen das gleiche dynamische Verhalten, das in beiden Fällen auf dem von Scade erzeugten Code beruht.

10



15



20

25

DaimlerChrysler AG

70546 Stuttgart

10

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Übertragung von Simulationsmodellen (11, 18) zwischen Simulatoren (10, 17),
15 - mit einem ersten Ein/Ausgabemittel (22), an das das Simulationsmodell (11) von dem ersten Simulator (10) übertragbar ist,
- mit einer Verarbeitungseinheit (24), die nach seiner Übertragung das Simulationsmodell (11) in einzelne Operato-
20 ren (12) zerlegt und die Operatorenzuordnung (16) speichert, wobei die Operatoren (12) in einer Operatorenbibliothek (15) zusammenfaßbar sind, die mit Hilfe der Operatorenzuordnung (16) als externe Operatoren (19) durch den zweiten Simulator (17) semantisch äquivalent einbindbar
25 sind, und
- mit einem zweiten Ein/Ausgabemittel (23), das die Operatorenbibliothek (15) ausgibt und zusätzlich die Operatorenzuordnung (16) bereitstellt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
30 daß das Simulationsmodell (11) in Basisoperatoren (12) zerlegbar und diese in einer universell simulatorenlesbaren Form in eine Operatorenbibliothek (15) exportierbar sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine
erste exportierte Operatorenbibliothek (14) in Form von
35 compilierbaren Quell-Codes, die durch Compilation in eine einbindbare Operatorenbibliothek (15) umwandelbar ist.

5 4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, gekennzeichnet durch ein zweites Ein/Ausgabemittel (23), das die Operator-
renzuordnung (16) sowohl exportiert als auch importiert, wobei ein durch einen zweiten Simulator (17) entsprechend
verändertes Simulationsmodell (11) mit internen Operatoren
10 (12) des ersten Simulators (10) durch die Verarbeitungseinheit (24) erstellt und über das erste Ein/Ausgabemittel (22) an den ersten Simulator (10) rückübertragbar ist.

15 5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie integrierter Bestandteil eines der Simulatoren (10, 17) ist.

6. Verfahren zur Übertragung eines Simulationsmodells zwischen einem ersten Simulatoren und einem zweiten Simulator, bei dem
- das Simulationsmodell des ersten Simulators in seine Operatoren zerlegt wird,
20 - die Operatoren in eine Operatorenbibliothek so exportiert werden, daß sie von dem zweiten Simulator semantisch korrekt eingebunden werden können, und
- zusätzlich zu der Operatorenbibliothek eine Operatorenzuordnung exportiert wird, die sowohl vom ersten Simulator
25 als auch vom zweiten Simulator gelesen und vorzugsweise verändert werden kann und auf deren Basis das Simulationsmodell erstellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß
30 die exportierte Operatorenbibliothek, bestehend aus Quell-Codes, in eine durch Compilation für den zweiten Simulator einbindbare Operatorenbibliothek umgewandelt wird, wodurch die Operatoren im Simulationsmodell des zweiten Simulators externe Operatoren werden, deren Semantik mit den Operatoren des ersten Simulators übereinstimmen.
35

5

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die exportierte Operatorenbibliothek aus Quell-Codes und die einbindbare Operatorenbibliothek aus Objekt-Code bestehen, die der zweite Simulator als externe Operatoren hinzulinkt.

10

9. Verfahren nach den Ansprüchen 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Operatorenzuordnung das Simulationsmodell auf der Basis der exportierten Operatoren darstellt.

Literaturverzeichnis

[COMITY98] "Codesign Method and Integrated Tools for Advanced Embedded System (COMITY)" (Project reference 23015). EU-gefördertes Projekt im Rahmen von "Esprit 4", Teil des vierten Rahmenprogrammes der EU. Unterprogramm: "Software Technologies -Software Intensive Systems Engineering".

[Ernst86] Johannes Ernst, "Data Interoperability between CACSD and CASE Tools Using the CDIF Family of Standards". Proc. of 1986 IEEE Int. Symp. on Computer-Aided Control System Design, Dearborn, MI. 1986.

[CD1F97] Internet Adresse: <http://www.cdif.org/>,
Post-Adresse: CDIF, Electronic Industries Association, c/o
Patti A. Rusher, Director,
Electronic Information Group, 2500 Wilson Blvd., Arlington, VA
22201, USA. Phone: +1 (703)
907 7545, Fax: +1 (703) 907 7501.

Zusammenfassung

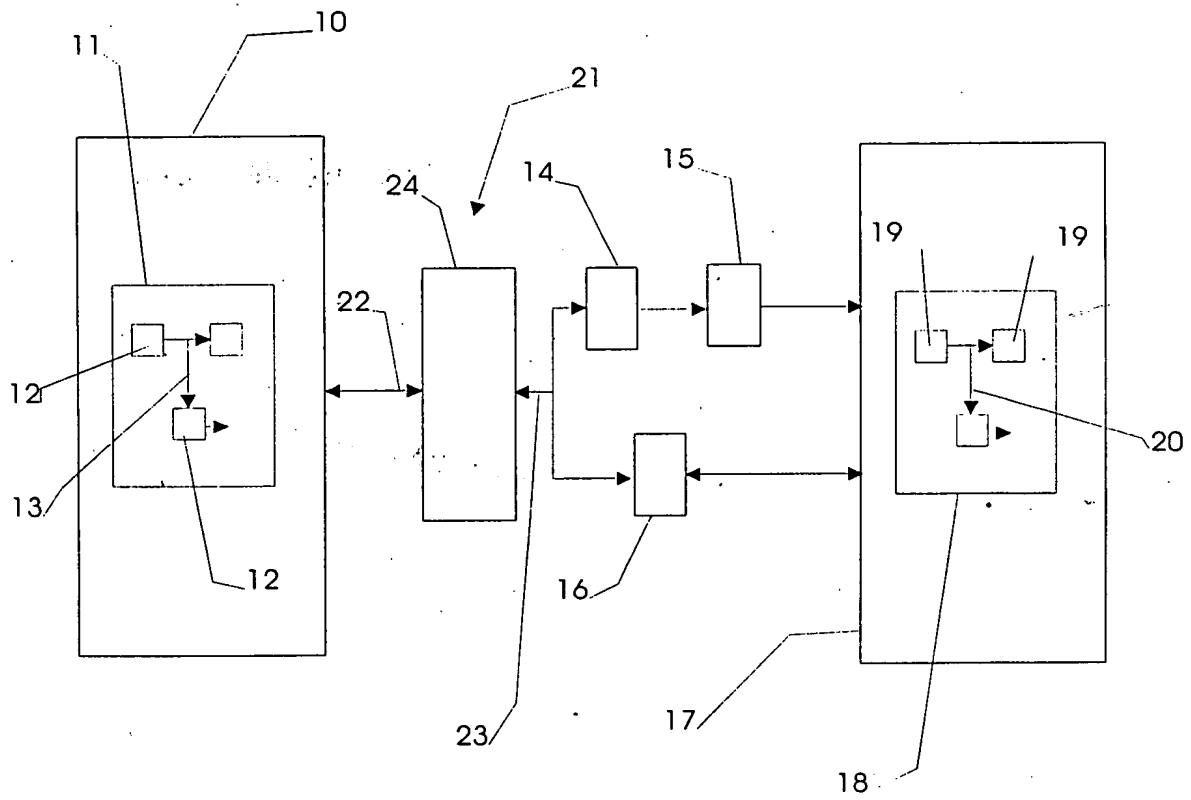
10

15

20

Vorrichtung und Verfahren zur Übertragung von Simulationsmodellen (11, 18) zwischen Simulatoren (10, 17), mit einem ersten Ein/Ausgabemittel (22), an das das Simulationsmodell (11) von dem ersten Simulator (11) übertragen wird, mit einer Verarbeitungseinheit (24), die nach der Übertragung des Simulationsmodells (11) das Simulationsmodell (11) in einzelne Operatoren (12) zerlegt und die Operatorenzuordnung (16) speichert, wobei die Operatoren (12) in einer Operatorenbibliothek (12) zusammengefaßt werden, die mit Hilfe der Operatorenzuordnung (16) als externe Operatoren (19) durch den zweiten Simulator (17) semantisch äquivalent einbindbar sind, und mit einem zweiten Ein/Ausgabemittel (23), das die Operatorenbibliothek (14) ausgibt und zusätzlich die Operatorenzuordnung (16) bereitstellt.

(Figur)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)